

«Методологія автоматизованого проектування пілотажно-навігаційного комплексу гелікоптеру»

Основні наукові результати

Теоретичні дослідження склалися з розробки методики пошуку оптимальної структури ПНК гелікоптеру за методом морфологічних ознак та з розробки узагальненого (глобального) критерію оцінки ефективності ПНК гелікоптеру при виконанні автоматизованого маловисотного польоту.

У роботі розроблено ітераційний алгоритм автоматизованого проектування САУ гелікоптера, на прикладі проектування режиму штурвального управління.

Проектування САУ гелікоптера, а також інших підсистем ПНК вимагає від проектувальника розв'язання задачі вибору – створити більш вдосконалену систему, наприклад, побудовану за принципом адаптації та оптимізації проте зі значними витратами на створення й експлуатацію, або дешеву, а втім менш ефективну. Оптимальне прийняття рішення в цьому випадку передбачає розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації. Таку задачу необхідно звести до еквівалентної задачі нелінійного програмування.

На відміну від задач опуклого нелінійного програмування, що мають, як правило, єдине рішення, аналізована багатокритеріальна задача завжди має неєдине рішення. Сукупність таких рішень утворюють область ефективних рішень (область Парето).

У роботі запропоновано оптимізувати процедуру прийняття рішення при обранні концепції побудови контуру управління польотом з використанням багатокритеріальної (векторної) оптимізації й на цієї основі розроблено ітераційний алгоритм автоматизованого проектування.

Основою САПР САУ гелікоптера повинна стати база даних, яка включає модель об'єкта керування і компоненти моделі – моделі датчиків, сервоприводів, моделі геофізичних умов польоту, наприклад, рельєф місцевості, моделі збурюючих впливів, (турбулентність атмосфери), інші моделі. База даних повинна постійно оновлюватися й вдосконалюватися.

У роботі проведений аналіз математичних моделей керованого процесу і розроблено математичні моделі гелікоптера як об'єкта керування, розроблені математичні моделі сервоприводів та пілотажних і навігаційних датчиків. Алгоритми роботи САПР передбачають інформаційне забезпечення САУ не тільки з боку ПНК, а також від датчиків, що не входять до складу ПНК, але мають кращі показники саме при роботі у контурах автоматичного управління.

Теоретичні дослідження інформаційного забезпечення ПНК на режимі маловисотного польоту склалися з розробки принципів побудови ємнісних перетворювачів геометричних параметрів наближення до землі для використання їх в складі систем автоматичного управління ПС, розробки математичного та програмного забезпечення чисельного моделювання електростатичних полів ємнісних перетворювачів з метою дослідження їх властивостей.

Результати досліджень статичних характеристик наближення до перешкоди (схилу) свідчать про можливість одержання вимірювальної інформації про перешкоди, що наближаються і дозволяють синтезувати пристрої для виміру геометричної висоти польоту, а також пристрої виміру похилої дальності до перешкоди.

За розробленою методологією проектування синтезовані закони управління гелікоптером, у тому числі побудовані за новим для САУ гелікоптерів принципом – принципом систем активного управління, а саме з розв'язанням каналу управління загальним кроком несного гвинта та каналу управління автоматом перекосу. Розроблені алгоритми режиму маловисотного польоту САУ, зокрема за новітньою двоканальною схемою управління, а також з інформаційним забезпеченням від ємнісного висотоміра.

Практична цінність

Результати НДР використані при розробки алгоритмів прикладних програм автоматизованого проектування контурів штурвального управління та контурів автоматичного управління САУ гелікоптером на спеціальних режимах польоту.

У роботі предложено ієрархічну процедуру проектування САУ гелікоптера та розроблена структура САПР САУ і її взаємодію з розробниками.

Розроблені математичні моделі гелікоптера як об'єкта керування, придатні для проведення синтезу контурів управління, розроблені математичні моделі сервоприводів та пілотажних і навігаційних датчиків.

Розроблені та досліджені математичні моделі рельєфу місцевості та модель просторового руху гелікоптера, яка придатна для проведення досліджень синтезованих алгоритмів автоматичного управління шляхом математичного моделювання.

У роботі запропоновано ємнісний метод виміру малих висот польоту літака, розроблені структури побудови ємнісного вимірювача висоти і схеми розміщення електродів вимірювача.

З метою розробки маловисотного режиму роботи САУ виконане таке:

- проведений аналіз методів і засобів виміру надмалих розмірів ємності дозволив розробити структуру вимірювача геометричної висоти польоту;
- проведений синтез ємнісного вимірювача геометричної висоти польоту;
- на основі результатів теоретичних досліджень синтезовано чотирьохканальний пристрій виміру параметрів маловисотного польоту;
- розроблені та досліджені математичні моделі багатоканального ємнісного перетворювача.

В ході досліджень розраховані статичні характеристики ємнісних вимірювачів геометричної висоти польоту, а також їх характеристики при наближенні до природних перешкод. Знайдені підходи к оптимальному розташуванню електродів ємнісних вимірювачів на поверхні ПС.

Результати досліджень статичних характеристик наближення до перешкоди (схилу) свідчать про можливість одержання вимірювальної інформації про перешкоди, що наближаються і дозволяють синтезувати пристрої для виміру геометричної висоти польоту, а також пристрої виміру похилої дальності до перешкоди, що наближається.

Аналіз проведених та ліцензійних пошуків показує, що саме в цьому напрямку проводяться основні роботи по створенню сучасних ПНК. Впровадження запропонованої методики отримання оптимальної структури ПНК дозволить підвищити конкурентоспроможність вітчизняних підприємств по створенню сучасного авіаційного обладнання.

За розробленою методологією проектування синтезовані закони управління гелікоптером, у тому числі побудовані за новим для САУ гелікоптерів принципом – принципом систем активного управління, а саме з розв'язанням каналу управління загальним кроком несного гвинта та каналу управління автоматом перекосу. Розроблені алгоритми режиму маловисотного польоту САУ, зокрема за новітньою двоканальною схемою управління, а також з інформаційним забезпеченням від ємнісного висотоміра. Спроектвані алгоритми маловисотного польоту досліджувалися шляхом математичного моделювання.

Впровадження в дію результатів роботи дозволить скоротити термін розробки та випробувань ПНК гелікоптера, підвищити безпеку його використання та отримати економічний ефект.

Розроблені структура і методики розрахунків при математичному моделюванні ємнісних перетворювачів, алгоритмічне і програмне забезпечення моделювання впроваджені в ДККБ “Луч”, ВО ім. Артема.

Результати досліджень властивостей ємнісних перетворювачів із відкритим полем використовувалися при виконанні НДР по темі № 113 -Х03 «Дослідження і проробка технічних рішень пристроїв виміру початкової швидкості, висоти і швидкості польоту обертового літального апарату” (замовник - підприємство «Адком-Україна», м. Харків).

Результати досліджень, що стосуються питань автоматизованого проектування ПНК, використовувалися при виконанні хоздоговірної НДР за темою № 201-Хд04/Пі “Розробка попередніх алгоритмів інерціально-супутникової навігаційної системи та інформаційного взаємозв'язку з літаком-носієм” (замовник ДККБ “Луч”).

За результатами досліджень подано заяву на винахід “Ємнісний висотомір”, де заявляється оригінальне рішення розміщення елементів системи електродів ємнісного висотоміра.

Розроблені та досліджені алгоритми системи автоматичного управління маловисотним польотом за пропонованою методологією проектування не мають аналогів у практиці побудови подібних вітчизняних систем.

Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

1. Депутат Н.О., Рогожин В.О., Смылова Ю. І “Корекція інерціальної системи навігації швидкісними та позиційними коректорами”. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції АВІА-2004, НАУ, м. Київ 2004 р.
2. Депутат Н.О., Смылова Ю. І, Філяшкін М.К. ” Обробка інформації в інерціально-доплерівських системах навігації” Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції АВІА-2004, НАУ, м. Київ 2004 р.
3. Філяшкін М.К., Рогожин В.О. “Алгоритм побудови оптимальної траєкторії руху гелікоптера при польоті на малій висоті”. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції АВІА-2003, НАУ, м. Київ 2003 р.
4. Синеглазов В. М., Козлов А. П., “Перспективи застосування ємнісних перетворювачів для вимірювання малих висот польоту повітряних суден”, Науковий журнал “Електроніка і системи управління”, №2, НАУ, 2003 р.
5. Калініченко В. В., Козлов А. П., Синеглазов В. М., "Моделювання електростатичного поля ємнісного вимірника геометричної висоти польоту повітряного судна”, Вісник Національного авіаційного університету №3, НАУ, 2004 р.
6. Новиков Р.В. “Розробка морфологічних ознак і альтернатив побудови навігаційного комплексу”. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції АВІА-2003, НАУ, м. Київ, 2003 р.
7. Богинский В. А., Козлов А. П., Лищук А.Ф., Лазарев С. Г., “Использование буферного массива для устранения проблем асимметрии в расчетах потенциальных полей методом сеток”. Матеріали Міжнародної наукової конференції Авіа-2004, НАУ, м. Київ, 2004 р.
8. Игнатенко М. П., Козлов А. П., Маличенко И. В. “Методика повышения скорости расчета потенциального поля емкостного высотомера малых высот”. Матеріали Міжнародної наукової конференції “Авіа-2004” , НАУ, м. Київ, 2004 р.
9. Лу Ин Хуа, Козлов А.П. “Програмне забезпечення математичного моделювання електроємнісних перетворювачів наближення до перешкоди”. Матеріали міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених “Політ-2003” , НАУ, м. Київ, 2003 р.